

EFEKTIVITAS NEMATODA ENTOMOPATOGEN *Steinernema* sp. PADA HAMA UTAMA BEBERAPA TANAMAN PERKEBUNAN DAN HORTIKULTURA

I G.A.A. INDRAYANI dan A. A. AGRA GOTHAMA

Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat
Jl. Raya Karangploso, Po Box 199, Malang – Jawa Timur

ABSTRAK

Nematoda entomopatogen *Steinernema* sp. telah banyak dimanfaatkan sebagai agens hayati untuk mengendalikan serangga hama di luar negeri, namun di Indonesia masih terbatas. Tujuan penelitian adalah mengevaluasi efektivitas 3 strain *Steinernema* sp. lokal terhadap beberapa hama utama tanaman perkebunan dan hortikultura. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Entomologi dan Kebun Percobaan, Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat Malang, Jawa Timur, mulai April 2001 sampai Mei 2002. Tiga strain nematoda lokal, yaitu BT02, ML07, dan AB05 diuji masing-masing pada konsentrasi 50; 100; 200; 400; dan 800 Juvenil infektif (JI)/ml dan satu kontrol (tanpa JI). Sembilan spesies serangga hama yang diuji yaitu *Helicoverpa armigera*, dan *Pectinophora gossypiella* (hama kapas), *H. assulta* dan *Myzus persicae* (tembakau), *Plutella xylostella*, dan *Crociodolomia binotalis* (kubis), *Spodoptera exigua* (bawang merah), *Liriomyza* sp. dan *S. litura* (bunga krisan). Setiap spesies serangga mewakili satu unit pengujian. Setiap perlakuan dalam unit disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL) dengan empat ulangan. Aplikasi perlakuan dilakukan dengan metode vial, kultur sel, dan sumuran, tergantung perilaku serangga uji dan menggunakan spray chamber. Di laboratorium, parameter yang diamati adalah sublethal (LC_{25}) dan lethal concentration (LC_{50}), sublethal and lethal time (LT), dan produksi JI. Di lapang, hanya satu perlakuan tunggal yang digunakan yaitu LC_{50} dari setiap strain nematoda. Sebanyak masing-masing 20 inang serangga dipajankan daun atau bagian tanaman yang telah disemprot dengan suspensi nematoda di lapang, kemudian serangga uji diamati di laboratorium hingga mati. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketiga strain nematoda menunjukkan efektif membunuh *C. binotalis* (BT02), *P. xylostella*, *M. persicae* (ML07), dan *P. gossypiella* (AB05), tetapi kurang efektif terhadap *H. armigera* (AB05), *S. exigua* dan *S. litura* (ML07), dan *Liriomyza* sp. (BT02). Waktu efektif yang diperlukan nematoda untuk membunuh inang (Lethal Time) pada ketiga strain berkisar antara 1-4 hari. Selain efektif membunuh stadia larva, *Steinernema* sp. juga efektif terhadap prepupa dan pupa.

Kata kunci : Tanaman perkebunan, hortikultura, *Steinernema* sp., *Helicoverpa armigera*, *Pectinophora gossypiella*, *H. assulta*, *Myzus persicae*, *Plutella xylostella*, *Crociodolomia binotalis*, *Spodoptera exigua*, *S. litura*, *Liriomyza* sp., juvenil infektif, mortalitas

ABSTRACT

Effectiveness of entomopathogenic nematode *Steinernema* sp. against major insect pests of plantation and horticulture

Entomopathogenic nematode of family Steinernematidae is a prospective agent for biological control of insect pests. It has been known that many species of insects can be infected by nematode and sometimes showed different levels of infection. Laboratory and field study on the effectiveness of *Steinernema* sp. against major insect pests of plantation and horticulture was carried out in Laboratory of Entomology and Experimental Station of Indonesian Tobacco and Fiber Crops Research Institute (IToFCRI), Malang, East Java. The objective was to find out the effectiveness of three local strains of *Steinernema* sp. to any different major of insect pests of plantation and horticulture. Three local strains of

nematode tested as BT02, ML07, and AB05 which each consist of five level concentrations of JI, viz. 50, 100, 200, 400 and 800 IJ/ml and one untreated with IJ as control were tested against nine species of insect, viz. *H. armigera*, *P. gossypiella* (cotton), *H. assulta* and *M. persicae* (tobacco), *P. xylostella* and *C. binotalis* (cabbage), *S. exigua* (red onion), *Liriomyza* sp. and *S. litura* (chrysanthemum). Each species of insect was tested as one unit of test and treated with the same level of concentration. Each treatment in every unit of test was arranged in randomized complete design with four replications. Application method of treatment used were vial, cell culture plate, and well, depends on insect behaviour. Nematode suspension was applied by using spray chamber. Parameters observed were sublethal and lethal concentration, sublethal and lethal time and IJ production. In field study, only one single treatment LC_{50} was used to observe the insect mortality. In this study, twenty of insect hosts were fed on treated-sample leaves collected from the field and observed till death. The result showed that all strains of *Steinernema* sp. were more pathogenic and effective against *C. binotalis* (BT02), *P. xylostella* and *M. persicae* (ML07), and *P. gossypiella* (AB05), but less pathogenic against *H. armigera* (AB05), *S. exigua* and *S. litura* (ML07), and *Liriomyza* sp. (BT02). Time needed (LT) to kill the insect host was ranged from one to four days. Strains of nematode tested were not only effective against larvae but also effective to kill prepupae and pupae of insect host.

Key words : Estate crops, horticulture, *Steinernema* sp., *H. armigera*, *P. gossypiella*, *H. assulta*, *M. persicae*, *P. xylostella*, *C. binotalis*, *S. exigua*, *Liriomyza* sp., *S. litura*, infective juvenile, mortality

PENDAHULUAN

Entomopatogen *Steinernema* sp. (Rhabditida: Steinernematidae) adalah salah satu nematoda serangga yang telah banyak digunakan sebagai bioinsektisida, di Jerman, Amerika Serikat, Kanada, Jepang, dan China, karena memiliki efektivitas yang tinggi dan kisaran inang yang luas (KAYA dan GAUGLER, 1993; GREWAL dan GEORGIS, 1998). Produk bioinsektisida *Steinernema* sp. ini juga telah banyak digunakan untuk mengendalikan lebih dari 100 spesies serangga hama pada berbagai komoditas (GEORGIS, 1992; SMART, 1995).

Hasil penelitian pengendalian larva *Cydia pomonella* (L.) pada apel dengan *Steinernema* sp. menyebabkan kematian larva hingga 73% (BEGLEY, 1990). Sedangkan terhadap kumbang *Diaprepes abbreviatus* (L.) yang menyerang bibit jeruk dalam polybag menyebabkan kematian kumbang 69-85% (DOWNING *et al.*, 1991; SHAPIRO dan MCCOY, 2000). Efektivitas pengendalian yang tinggi menunjukkan bahwa *Steinernema* sp. cukup prospektif dikembangkan sebagai biopestisida.

Dalam menginfeksi inang, *Steinernema* sp. aktif memburu inangnya dengan menggunakan organ pengindera amphids, yaitu organ khusus yang memiliki signal penarik untuk mengetahui keberadaan inangnya. Fase infektif atau patogenik dari *Steinernema* sp. disebut juvenil instar-3 atau juvenil infektif (JI) memiliki panjang tubuh 438-650 μ m dan diameter 20-30 μ m (NGUYEN dan SMART, 1995). Di dalam tanah pada kondisi yang sesuai, JI dapat bergerak/menyebar sepanjang 4-90 cm dari lokasi asalnya atau lokasi dimana mula-mula disebarkan. Rata-rata kecepatan menyebarnya, tanpa ada inang, adalah 23 cm/minggu (DUNCAN dan MCCOY, 1996; AMARASINGHE *et al.*, 1994). Kecepatan ini jauh meningkat apabila JI menangkap signal penarik dari inangnya, terutama hemolimfa, kotoran, atau bangkai inang.

Setiap strain *Steinernema* sp. mempunyai spesifikasi inang yang berbeda-beda. Hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain : **daya tarik kimiawi** serangga terhadap JI, **ketebalan kutikula** serangga inang, **mekanisme imunitas** pada inang, dan **kesesuaian nutrisi** dalam tubuh inang yang dibutuhkan untuk perkembangan bakteri *Xenorhabdus nematophilus*, yaitu bakteri simbiosis di dalam tubuh nematoda yang **berperan penting** dalam infeksi inang (WANG *et al.*, 1999; EPSKY dan CAPINERA, 1994).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas *Steinernema* sp. terhadap serangga hama utama beberapa komoditas perkebunan dan hortikultura.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Entomologi dan Kebun Percobaan Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang, mulai April 2001 sampai dengan Mei 2002.

Nematoda *Steinernema* sp. yang digunakan adalah strain BT02, ML07, dan AB05 yang masing-masing dikoleksi dari perkebunan sayur di Batu, Malang (BT02), pertanaman kapas di Kebun Percobaan Balittas di Malang (ML07), dan Kebun Percobaan Balittas di Asembagus, Situbondo (AB05) yang masing-masing diberi kode sesuai dengan lokasi dan nomor sampel yang dikoleksi.

Semua strain nematoda diperbanyak secara *in vivo* di laboratorium menggunakan inang larva *Corcyra cephalonica*. Juvenil infektif *Steinernema* sp. diinokulasikan pada larva *C. cephalonica* instar 4-5, kemudian diinkubasikan selama 5-7 hari pada suhu ruang (29°C). Panen nematoda dilakukan setelah nematoda dalam berbagai generasi keluar dari bangkai inangnya, kemudian dilakukan seleksi terhadap JI yang akan digunakan sebagai perlakuan.

Serangga hama yang digunakan dalam penelitian ini adalah sembilan serangga hama utama beberapa komoditas

perkebunan dan hortikultura, yaitu: *H. armigera* dan *P. gossypiella* (kapas), *H. assulta* dan nimfa *Myzus persicae* (tembakau), larva *P. xylostella* dan *C. binotalis* (kubis), *S. exigua* (bawang merah), dan *Liriomyza* sp. dan *S. litura* (bunga krisan).

Efektivitas Nematoda di Laboratorium

Penelitian ini terdiri atas 9 unit, masing-masing satu unit untuk setiap spesies serangga uji. Setiap unit penelitian dilakukan secara terpisah dan jumlah serangga uji yang digunakan pada setiap unit disesuaikan dengan ketersediaannya. Perlakuan yang digunakan terdiri atas lima konsentrasi nematoda Juvenil Infektif (JI) dan satu kontrol (tanpa JI), yaitu: 0 (kontrol); 50; 100; 200; 400; dan 800 JI/ml suspensi. Setiap perlakuan pada masing-masing unit penelitian disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL) dengan empat ulangan, dan setiap ulangan terdiri atas 20 serangga uji. Metode perlakuan yang digunakan disesuaikan dengan sifat serangga uji, yaitu (1) metode vial (GOTHAMA *et al.*, 1996), (2) metode cawan petri (WOODRING dan KAYA, 1988), dan (3) metode kultur jaringan (*cell culture plate*) dengan 6 sumuran (*wells*) (modifikasi metode WOODRING dan KAYA, 1988). Metode vial digunakan untuk serangga yang memiliki sifat kanibal, seperti *H. armigera*, metode cawan petri untuk serangga yang tidak bersifat kanibal, misalnya *S. exigua* dan *S. litura*, sedang metode kultur jaringan digunakan untuk serangga kecil (mikro Lepidoptera) seperti *P. gossypiella* atau *M. persicae* yang juga sangat aktif bergerak.

Pada ketiga metode tersebut serangga uji diinokulasi dengan JI di dalam wadah yang dialasi kertas saring atau menggunakan bagian tanaman yang biasa diserang oleh spesies hama tersebut. Serangga hama yang diuji dan strain nematoda yang digunakan untuk menguji serangga hama tersebut disesuaikan dengan daerah asal keduanya. Hal ini berdasarkan pertimbangan faktor adaptasi nematoda terhadap inang dan lingkungan. Perlakuan serangga uji disesuaikan dengan tingkat konsentrasi nematoda. Setelah diperlakukan serangga diinkubasikan selama 48 jam di dalam ruang bersuhu 25°C. Serangga yang mati karena infeksi JI dipindahkan secara individu ke vial yang telah diisi larutan agar 2%, sedangkan serangga yang masih hidup dipindahkan ke vial lain dan diberi pakan buatan. Perkembangannya diamati setiap hari hingga serangga mati. Semua bangkai serangga diinkubasikan selama 3-7 hari, kemudian diverifikasi secara mikroskopis untuk memastikan kematiannya akibat serangan nematoda, biasanya ditandai dengan munculnya nematoda dari dalam tubuh serangga.

Variabel yang diamati antara lain persentase mortalitas serangga uji (LC_{25} dan LC_{50}), lethal time (LT_{25} dan LT_{50}), dan produksi JI per stadia serangga yang digunakan.

Efektivitas Nematoda di Lapang

Pada pengujian efektivitas nematoda *Steinernema* sp. di lapang digunakan hanya satu perlakuan yaitu LC₅₀ hasil uji di laboratorium. Strain nematodanya juga disesuaikan dengan serangga inangnya. Aplikasi perlakuan dilakukan dengan spray chamber, yaitu suspensi JI disemprotkan ke seluruh permukaan tanaman inang dalam pot-pot kecil, atau ke bagian tanaman di dalam vial.

Pada setiap pengujian diamati pengaruh perlakuan JI terhadap mortalitas berbagai instar larva, prepupa, dan pupa. Setelah kering angin, sampel daun diambil dan diletakkan di dalam vial atau cawan, kemudian diinokulasikan 20 serangga uji. Perlakuan terhadap prepupa dan pupa dilakukan dengan menyemprotkan suspensi JI pada media tanah yang didalamnya terdapat prepupa atau pupa. Parameter yang diamati adalah persentase mortalitas berbagai stadia dan instar larva serangga uji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efektivitas Nematoda di Laboratorium

Respon setiap serangga uji terhadap infeksi nematoda *Steinernema* sp. menunjukkan tingkat efektivitas nematoda terhadap hama sasaran (Tabel 1). Strain nematoda dengan tingkat efektivitas tinggi (++++) menun-

Tabel 1. Efektivitas strain nematoda *Steinernema* sp. pada beberapa stadia inang serangga
Table 1. Effectiveness of strain of *Steinernema* sp. on different stages of insect hosts

Tanaman inang Host plant	Inang serangga Insect host	Strain nematoda Strain of nematode	Tingkat efektivitas nematoda ¹ Level of nematode effectiveness ¹
	Spesies Species	Stadia Stage	
Kapas Cotton	<i>H. armigera</i>	Larva	AB05
	<i>P. gossypiella</i>	Larva	AB05
Tembakau Tobacco	<i>H. assulta</i>	Larva	AB05
	<i>M. persicae</i>	Nimfa	ML07
Kubis Cabbage	<i>P. xylostella</i>	Larva	ML07
	<i>C. binotalis</i>	Larva	BT02
Bawang merah Red onion	<i>S. exigua</i>	Larva	ML07
Krisan Chrysante mum	<i>Liriomyza</i> sp.	Larva	BT02
	<i>S. litura</i>	Larva	ML07

Keterangan : Tingkat efektivitas Level of effectiveness

Note : +++ = tinggi High (LC₅₀ ≤ 200 JI/ml);
++ = sedang Moderate (LC₅₀ = 201-400 JI/ml);
+ = rendah Low (LC₅₀ > 400 JI/ml).

jukkan bahwa serangga uji sangat peka terhadap infeksi strain nematoda tersebut. Sebaliknya, strain nematoda dengan tingkat efektivitas sedang (++) hingga rendah (+) menunjukkan serangga uji lebih tahan terhadap infeksi nematoda. Hama *P. gossypiella*, *M. persicae*, *P. xylostella*, dan *C. binotalis* merupakan spesies serangga yang memiliki kepekaan tinggi terhadap infeksi nematoda, sedangkan *H. armigera*, *S. exigua*, *H. assulta*, *Liriomyza* sp. atau *S. litura* menunjukkan lebih tahan terhadap infeksi nematoda.

Berdasarkan kesepakatan dalam konvensi informal bahwa suatu strain nematoda *Steinernema* sp. dinyatakan sangat patogenik (efektif) dan prospektif mengendalikan serangga hama sasaran apabila memiliki LC₅₀ kurang atau sama dengan 200 JI/ml (WOODRING dan KAYA, 1988). Sehubungan dengan hal tersebut, maka ketiga strain nematoda *Steinernema* sp. yang diuji merupakan strain nematoda yang patogenik dengan tingkat efektivitas yang tinggi terhadap beberapa inang, terutama *P. gossypiella* (AB05), *M. persicae* (ML07), dan *C. binotalis* (Tabel 2).

Sebaliknya ketiga strain nematoda menunjukkan kurang patogenik terhadap beberapa inang serangga, seperti AB05, ML07, dan BT02 berturut-turut kurang patogenik terhadap *H. armigera*, (*S. exigua* dan *S. litura*), dan *Liriomyza* sp. yang ditunjukkan dengan LC₅₀ lebih dari 200 JI/ml. Hal tersebut menunjukkan bahwa strain nematoda yang efektif terhadap satu spesies inang belum tentu efektif terhadap spesies inang yang lain, karena setiap serangga memiliki sifat fisik yang berbeda-beda, seperti ketebalan dinding kutikula, trakhea, maupun saluran pencernaan yang menghambat penetrasi nematoda (CUI *et al.*, 1993). Selain itu, mekanisme imunitas serangga juga berpotensi menghambat infeksi nematoda, terutama proses enkapsulasi oleh plasmatisit dan granulosit dalam hemolimfa (darah) (WANG dan CUI, 1994). Infeksi nematoda *Steinernema* sp. merangsang terjadinya proses enkapsulasi melanotik pada sebagian JI di dalam hemolimfa serangga yang menyebabkan jumlah JI berkurang (WANG *et al.*, 1999; GÖTZ *et al.*, 1981; THURSTON *et al.*, 1992; JACKSON dan BROOKS, 1989). Penggunaan strain nematoda yang kurang efektif atau patogenik terhadap inang tertentu tampaknya perlu dipertimbangkan.

Secara umum LT₂₅ dan LT₅₀ semua strain nematoda yang digunakan berkisar antara 1-2,5 hari dan 2-4 hari (Tabel 3). Kisaran waktu tersebut sesuai dengan kisaran normal LT *Steinernema* sp. yang telah diproduksi secara komersial di beberapa negara (MOLTA dan HOMINICK, 1989). Menurut JASSON (1996), kisaran waktu yang dibutuhkan nematoda untuk membunuh inangnya ditentukan oleh homogenitas larva nematoda yang digunakan. Semakin homogen instar larva nematoda, misalnya sebagian besar instar adalah JI, maka kematian serangga inang akan semakin cepat. Selain itu, spesies inang serangga juga mempengaruhi LT. Nematoda yang mencapai LT lebih lama dari kisaran LT 2-4 hari belum tentu menunjukkan tidak efektif. Hal tersebut mengacu pada

Tabel 2. LC_{25} dan LC_{50} strain nematoda *Steinernema* sp. pada beberapa instar dan stadia inang serangga dengan berbagai metode perlakuan
 Table 2. The LC_{25} and LC_{50} of nematode *Steinernema* sp. on different instar and stage of insect host with different method of treatment

Inang tanaman Plant host	Inang serangga Insect host		n	Strain nematoda ³ Strain of Nematode ³	Metode perlakuan Method of treatment	LC_{25} (JI/ml)	LC_{50} (JI/ml)
	Spesies Species	Stadia/Instar yang digunakan ² Stadium/instar used ²					
Kapas Cotton	<i>H. armigera</i>	L-3	240	AB05	Vial	177	373
	<i>P. gossypiella</i>	L-3+4	180	AB05	Plate	68	166
Tembakau Tobacco	<i>H. assulta</i>	L-3	180	AB05	Vial	224	tt ¹
	<i>M. persicae</i>	N	360	ML07	Plate	45	178
Kubis Cabbage	<i>P. xylostella</i>	L-2+3	240	ML07	C. petri	33	81
	<i>C. binotalis</i>	L-2+3	240	BT02	C. petri	72	186
Bawang merah Red onion	<i>S. exigua</i>	L-3	240	ML07	petridish C. petri petridish	137	298
Krisan Chrysanthemum	<i>Liriomyza</i> sp.	L	120	BT02	C. petri	168	411
	<i>S. litura</i>	L-3	360	ML07	C. petri petridish	341	723

Keterangan : ¹ tt = tidak tercapai mortalitas 50%

Note: : tt = insect mortality less than 50%

² L (2,3) = instar larva *Instar of larvae*;

N = nimfa *Nymph*;

n = jumlah serangga yang digunakan *Number of insect used*

³ AB05 = strain Asembagus *AB05 = strain Asembagus*

ML07 = strain Malang *ML07 = strain Malang*

BT02 = strain Batu (Malang) *BT02 = strain Batu (Malang)*

Tabel 3. Waktu yang dibutuhkan nematoda *Steinernema* sp. untuk membunuh inangnya pada berbagai stadia dan kisaran JI yang diproduksi
 Table 3. The time needed by *Steinernema* sp. for killing its hosts in different stage and range of IJ production

Tanaman inang Host plant	Inang serangga Insect host			Strain nematoda Strain of nematode	Waktu Time ¹ (hari day)		Produksi JI/serangga ² IJ production/ insect ²
	Spesies Species	Stadia Stage	Panjang tubuh Long of body (mm)		LT ₂₅	LT ₅₀	
Kapas	<i>H. armigera</i>	Larvae	30	AB05	2	3	5.678 – 11.685
Cotton	<i>P. gossypiella</i>	Larvae	10	AB05	2	3	1.128 – 3.761
Tembakau	<i>H. assulta</i>	Larvae	30	AB05	2	4	3.563 – 6.154
Tobacco	<i>M. persicae</i>	Nymph	3	ML07	1	2	196 – 327
Kubis	<i>P. xylostella</i>	Larvae	10	ML07	1,5	2	1.148 – 1.894
Cabbage	<i>C. binotalis</i>	Larvae	20	BT02	2	3	2.516 – 6.223
Bawang merah	<i>S. exigua</i>	Larvae	25	ML07	2	3	2.011 – 3.891
Red onion							
Krisan	<i>Liriomyza</i> sp.	Larvae	1	BT02	1,5	2	517 – 1.102
Chrysanthemum	<i>S. litura</i>	Larvae	30	ML07	2,5	4	372 – 7.292

Keterangan : ¹ LT = Lethal Time

Note : ² Rata-rata dari 5-10 sampel serangga uji *Average from 5-10 tested insects*

pernyataan KEPENEKCI (2004) bahwa nematoda *Steinernema carpocapsae* efektif membunuh inang serangga *Eurygaster maura* L. (Hemiptera: Pentatomidae) pada hari ke 4-6 setelah inokulasi dengan LC_{50} mencapai 62 JI/ml.

Tabel 3 juga menunjukkan bahwa secara umum JI yang diproduksi cenderung berkorelasi positif dengan ukuran tubuh inangnya. Serangga berukuran kecil seperti nimfa kutu tembakau *M. persicae* hanya menghasilkan 196-327 JI, sedangkan larva *H. armigera* dengan ukuran tubuh ratusan kali lebih besar dibanding *M. persicae* berpotensi

memproduksi JI lebih banyak (5.678-11.685 JI). Serangga dengan ukuran tubuh kecil (1-10 mm) biasanya hanya menghasilkan tidak lebih dari satu generasi JI, karena dengan ukuran tubuh yang kecil nutrisi (jaringan inang) yang tersedia bagi perkembangan nematoda juga terbatas. Produksi JI pada larva *S. litura* tidak konsisten dengan ukuran tubuhnya (372-7.292 JI), kemungkinan ada hubungannya dengan sifat integumen larva *S. litura* yang mudah pecah (*fragile*) segera setelah larva mati. Hal tersebut mengakibatkan sebagian induk nematoda keluar

dan mati sebelum sempat berkembangbiak. Sesuai pernyataan KONDO (1987) bahwa integumen serangga yang kurang kuat (mudah rapuh) menjadi penghambat perkembangan nematoda.

Efektivitas Nematoda di Lapang

Umumnya semua strain nematoda *Steinernema* sp. yang diuji efektif membunuh inang masing-masing (Tabel 4). Perubahan instar larva dari instar muda ke instar tua diikuti oleh peningkatan persentase mortalitas. Hal ini ada hubungannya dengan aktivitas bergerak larva, yaitu instar muda (instar 2 dan 3) biasanya lebih aktif berpindah-pindah dibanding dengan instar tua (instar 4 dan 5). Pada larva yang aktif bergerak menyebabkan nematoda mengalami kesulitan untuk melakukan penetrasi meskipun nematoda memiliki sifat 'ambush' (memburu) inang (LEWIS *et al.*, 1992). Hal ini disebabkan daya jelajah nematoda masih lebih lambat dibanding pergerakan inangnya, sehingga sebagian nematoda mati sebelum melakukan penetrasi.

Nematoda *Steinernema* sp. juga menyebabkan mortalitas pada stadia prepupa dan pupa, karena nematoda mampu menginfeksi prepupa atau pupa melalui lobang-lobang spirakel (JACKSON dan BROOKS, 1995). RAULSTON *et al.* (1992) juga menemukan banyaknya kematian pada stadia prepupa dan pupa *Spodoptera frugiperda* akibat infeksi alami nematoda *Steinernema* sp. Kematian prepupa dan pupa menunjukkan bahwa nematoda mempunyai kisaran stadia inang yang lebih luas dibanding entomopatogen lain yang hanya mampu menginfeksi stadia larva, misalnya nuclear polyhedrosis virus (NPV) atau *Bacillus thuringiensis* (Bt).

Penyemprotan nematoda *Steinernema* sp. pada suatu areal pertanian, selain bertujuan untuk mengendalikan serangga hama pada pertanian, juga sebagian nematoda akan terakumulasi ke dalam tanah dan aktif menginfeksi inang yang hidup pada habitat tersebut. Bangkai inang akan menjadi sumber inokulum atau sumber infeksi nematoda bagi serangga hama pada musim-musim tanam berikutnya. Percikan air hujan biasanya sangat efektif membantu nematoda mencapai kanopi tanaman untuk menginfeksi inangnya. Siklus infeksi nematoda secara alami ini dapat berlangsung terus menerus (tahunan) selama suhu dan kelembaban lingkungan, khususnya tanah, selalu sesuai bagi perkembangan nematoda.

Aplikasi nematoda *Steinernema* sp. secara tradisional utamanya ditujukan untuk pengendalian serangga hama dalam tanah (WENNEMANN *et al.*, 2003). Tetapi, perkembangan penelitian selama dua dekade menunjukkan bahwa nematoda juga potensial mengendalikan hama di atas tanah (*above-ground pests*) (SIMARD *et al.*, 2002; ARTHURS *et al.*, 2004). Hal ini tentu saja sangat menguntungkan dari aspek luasnya sasaran pengendalian hama yang dapat dicapai, sehingga prospek pemanfaatannya pada masa mendatang cukup baik.

KESIMPULAN

Ketiga strain nematoda *Steinernema* sp. (BT02, ML07, AB05) sangat patogenik dan efektif terhadap inang serangga *C. binotalis* (BT02), *P. xylostella* dan *M. persicae* (ML07), dan *P. gossypiella* (AB05), tetapi kurang patogenik terhadap *H. armigera* (AB05), *S. exigua* dan *S. litura* (ML07), dan *Liriomyza* sp. (BT02). Waktu yang diperlukan oleh ketiga strain nematoda untuk membunuh

Tabel 4. Mortalitas larva, prepupa dan pupa berbagai inang serangga akibat infeksi nematoda *Steinernema* sp.
Table 4. Mortality of larvae, prepupae, and pupae of different insect host due to *Steinernema* sp. infection

Stadia serangga Insect stage	<i>H. armigera</i> (AB05=373 JI/ml) ¹		<i>C. binotalis</i> (BT02=186 JI/ml) ¹		<i>S. exigua</i> (ML07=298 JI/ml) ¹		<i>P. gossypiella</i> (AB05=166 JI/ml) ¹		<i>P. xylostella</i> (ML07=81 JI/ml) ¹	
	n	Mortalitas Mortality (%)	n	Mortalitas Mortality (%)	n	Mortalitas Mortality (%)	n	Mortalitas Mortality (%)	n	Mortalitas Mortality (%)
Larva <i>Larvae</i>										
Instar-2	80	18.8	117	36.8	118	12.7	-	-	-	-
Instar-3	80	46.3	119	47.1	120	31.7	38	31.6	113	37.2
Instar-4	80	53.8	116	34.5	120	45.8	-	-	-	-
Instar-5	80	63.8	-	-	-	-	56	55.4	118	51.7
Prepupa ² <i>Pre-pupae</i>	80	16.3	90	17.8	90	21.1	-	-	-	-
Pupa ² <i>Pupae</i>	120	9.2	120	6.7	119	11.8	42	41.9	120	30.8

Keterangan : ¹ Konsentrasi lethal (LC₅₀) *Lethal concentration (LC₅₀)*

Note : ² Menggunakan tanah sebagai media perlakuan
Using soil as medium of treatment

(Lethal Time) inang berkisar 1-4 hari. Selain efektif membunuh larva, nematoda *Steinernema* sp. juga efektif menyebabkan mortalitas pada stadia prepupa dan pupa.

DAFTAR PUSTAKA

- AMARASINGHE, L.D., W.P. HOMINICK, B.R. BRISCOE, and A.P. REID. 1994. Occurrence and distribution of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Heterorhabditidae and Steinernematidae) in Sri Lanka. *Journal of Helminthology*. 68: 277-286.
- ARTHURS, S., K.M. HEINZ, and J.R. PRASIFKA. 2004. An analysis of using entomopathogenic nematodes against above-ground pests. *Bulletin of Entomological Research* 94 (4): 297-306.
- BEGLEY, J.W. 1990. Efficacy against insects in habitats other than soil. In *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control* (R. Gaugler and H.K. Kaya, eds.). CRC. Press, Boca Raton, Florida, p.215-231.
- CUI, L., R. GAUGLER, and Y. WANG. 1993. Penetration of steinernematid nematodes (Nematoda: Steinernematidae) into Japanese beetle larvae, *Popillia japonica* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Invertebrate Pathology* 62: 73-78.
- DOWNING, A.S., C.G. ERICKSON, and M.J. KRAUS. 1991. Field evaluations of entomopathogenic nematodes against citrus root weevils (Coleoptera: Curculionidae) in Florida citrus. *Florida Entomologist* 74: 584-586.
- DUNCAN, L.W. and C. W. MCCOY. 1996. Vertical distribution in soil, persistence, and efficacy against citrus root weevil (Coleoptera: Curculionidae) of two species of entomogenous nematodes (Rhabditida: Steinernematidae; Heterorhabditidae). *Environmental Entomology* 25: 174-178.
- EPSKY, N.D. and J.L. CAPINERA. 1994. Influence of herbivore diets on the pathogenesis of *Steinernema carpocapsae* (Nematoda: Steinernematidae). *Environ. Entomol.* 23: 487-491.
- GEORGIS, R. 1992. Present and future prospects for entomopathogenic nematode products. *Biocon. Sci. And Technol.* 2: 83-99.
- GOTHAMA, A.A.A., G.W. LAWRENCE, and P.P. SIKOROWSKI. 1996. Activity and persistence of *Steinernema carpocapsae* and *Spodoptera exigua* nuclear polyhedrosis virus against *S. exigua* larvae on soybean. *J. Nematol.* 28: 68-74.
- GOTZ, P., A. BOMAN, and H.G. BOMAN. 1981. Interactions between insect immunity and an insect pathogenic nematode with symbiotic bacteria. *Proceedings of Royal Society of London*. 212B: 333-355.
- GREWAL, P.S. and R. GEORGIS. 1998. Entomopathogenic nematodes. pp.271-299 in F.R. Hall. And J.J. Menn, eds. *Methods in biotechnology, Vol 5, Biopesticides: Use and delivery*. Totowa, NJ: Humana Press, Inc.
- JACKSON, J.J. and M.A. BROOKS. 1989. Susceptibility and immune response of western corn rootworm larvae (Coleoptera: Chrysomelidae) to the entomopathogenic nematode, *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae). *Journal of Economic Entomology*. 82: 1073-1077.
- JACKSON, J.J. and M.A. BROOKS. 1995. Parasitism of Western corn rootworm larvae and pupae by *Steinernema carpocapsae*. *J. Nematology* 27 (1): 15-20.
- JASSON, R.K. 1996. Infectivity and reproduction of three Heterorhabditid nematodes (Rhabditida: Heterorhabditidae) in two insect hosts. *J. Florida Entomologist* 79 (3): 363-369.
- KAYA, H.K. and R. GAUGLER. 1993. Entomopathogenic nematodes. *Ann. Rev. Entomol.* 38: 181-206.
- KEPENEKCI, I. 2004. Pathogenicity of entomopathogenic nematodes to *Eurygaster maura* L. (Hemiptera: Pentatomidae). *Russian Journal of Nematology*. 12 (2): 157-160.
- KONDO, E. 1987. Size-related susceptibility of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae to entomogenous nematode, *Steinernema feltiae* (DD-136). *Applied Entomology and Zoology*. 22: 560-569.
- LEWIS, E.E., R. GAUGLER, and R. HARRISON. 1992. Entomopathogenic nematode host finding: Response to host contact cues by cruise and ambush foragers. *Parasitology*. 105: 309-315.
- MOLTA, N.B. and W.M. HOMINICK. 1989. Dose and time response assessments of *Heterorhabditis heliothidis* and *Steinernema feltiae* (Nem: Rhabditida) against *Aedes aegypti* larvae. *Entomophaga*. 34: 485-493.
- NGUYEN, K.B. and G.C. SMART, JR. 1991. Mode of entry and sites of development of *Steinernema scapterisci* in mole crickets. *J. Nematol.* 23: 267-268.
- NGUYEN, K.B. and G.G. SMART, JR. 1995. Morphometrics of infective juveniles of *Steinernema* spp. and *Heterorhabditis bacteriophora* (Nemata: Rhabditida). *Journal of Nematology*. 27: 206-212.
- SHAPIRO, D.L. and C.W. MCCOY. 2000. Virulence of entomopathogenic nematodes to *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) in the laboratory. *Journal of Economic Entomology*. 93: 1090-1095.
- SIMARD, L., G. BELAIR, and J. BRODEUR. 2002. Susceptibility of cranberry girdler to entomopathogenic nematodes. *Canadian Entomologist*. 134 (3): 329-330.
- SMART, G.C. JR. 1995. Entomopathogenic nematodes for the biological control of insects. *Suppl. J. Nematol.* 27 (4): 529-534.
- THURSTON, G.S., G.B. DUNPHY, and W.N. YULE. 1992. Explanations for the low susceptibility of *Leptinotarsa decemlineata* to entomogenous nematodes. *Journal of Nematology*. 24: 622-625.
- ROULSTON, J.R., S.D. PAIR, J. LOERA, and H.E. CABANILLAS. 1992. Prepupal and pupal parasitism of *Helicoverpa*

- zea* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) by *Steinernema* sp. in cornfields in the Lower Rio Grande Valley. J. Econ. Entomol. 85: 1666-1670.
- WANNEMANN, L., W.W. CONE, L.C. WRIGHT, J. PEREZ, and M.M. CONANT. 2003. Distribution patterns of entomopathogenic nematodes applied through drip irrigation systems. J. Economic Entomology 96 (2): 287-291.
- WANG, Y., R. GAUGLER, and L. CUI. 1994. Variations in immune response of *Popillia japonica* and *Achita domesticus* to *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema* sp. J. Nematol., 26: 11-18.
- WANG, Y., R. GAUGLER, and Y. WANG. 1999. *Steinernema glasseri* surface coat protein suppresses the immune response of *Popillia japonica* (Coleoptera: Scarabidae) larvae. Biological Control 14: 45-50.
- WOODRING, J.L. and H.K. KAYA. 1988. Steinernematid and Heterorhabditid nematodes, a hand book of techniques. Fayetteville, Arkansas Agric. Exp. Sta. 168pp.